

**APLIKASI PENGINDERAAN JAUH DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ESTIMASI DEBIT PUNCAK
KAITANNYA DENGAN BANJIR DI DAS BOGOWONTO**
**The Application of Remote Sensing and Geographic Information System to Estimate
the Peak Discharge Associated with Flood in Bogowonto Watershed**

Rizkalia Atika

rizkalia.atika@mail.ugm.ac.id

Sudaryatno

sudaryatno@ugm.ac.id

Abstract

Bogowonto watershed has a linear shape but often flooded. The peak discharge (Q_p) is important to know for flood studies. Remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) can be applied to estimate Q_p . This research aims to (1) knowing the ability of remote sensing and GIS to estimate Q_p , (2) knowing the spatial distribution of runoff coefficient (C) and Q_p , (3) identify the sub-watershed most contribute to flooding in Bogowonto watershed. Rational method is used to estimate Q_p which involves C , rainfall intensity (I), and sub-watershed area. The C is obtained from Cook method where Landsat 8 for land cover extraction, while the role of GIS is in the overlay analysis. The results showed (1) Landsat 8 and GIS produce 99,94% accuracy rate at Q_p , (2) the C Bogowonto watershed is high and Q_p is 1123.522 m³/sec, (3) sub-watersheds that most contribute in terms of C and Q_p is Bogowonto Hulu, in terms of I are Semanggung, Dekso, Bagelen, and Plamping.

Keywords : Landsat 8; GIS; peak discharge; runoff coefficient; flood

Abstrak

DAS Bogowonto berbentuk linier tetapi sering dilanda banjir. Debit puncak (Q_p) penting diketahui dalam kajian banjir. Penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat diterapkan untuk estimasi Q_p . Penelitian ini bertujuan (1) mengetahui kemampuan penginderaan jauh dan SIG untuk estimasi Q_p , (2) mengetahui distribusi spasial koefisien limpasan (C) dan Q_p , (3) mengetahui sub DAS yang paling berkontribusi dalam banjir di DAS Bogowonto. Metode rasional digunakan untuk estimasi Q_p yang melibatkan C , intensitas hujan (I), dan luas sub DAS. C diperoleh dari metode Cook dengan citra Landsat 8 untuk ekstraksi penutup lahan, sedangkan SIG berperan dalam analisis overlay. Hasil penelitian menunjukkan (1) citra Landsat 8 dan SIG menghasilkan tingkat ketelitian tertinggi 99,94% pada Q_p , (2) C DAS Bogowonto tinggi dan Q_p sebesar 1123,522 m³/detik, (3) sub DAS yang paling berkontribusi dalam banjir ditinjau dari C dan Q_p adalah Bogowonto Hulu, ditinjau dari I adalah Semanggung, Dekso, Bagelen, dan Plamping.

Kata Kunci : Citra Landsat; SIG; debit puncak; koefisien limpasan; banjir

PENDAHULUAN

Kejadian banjir ditinjau dari faktor alam erat kaitannya dengan curah hujan tinggi dan kondisi DAS (Daerah Aliran Sungai) di suatu wilayah (Asdak, 1995). DAS Bogowonto merupakan salah satu DAS yang sering terjadi banjir sejak akhir abad ke-19 hingga saat ini dimana DAS Bogowonto berada di bagian selatan Jawa Tengah. Sejak tahun 1998 DAS Bogowonto ditetapkan dalam prioritas pengelolaan DAS ke dua (Triatmodjo, 1998). Hingga tahun 2009 kondisi DAS Bogowonto kian memburuk kemudian ditetapkan ke dalam prioritas pengelolaan DAS pertama (Keputusan Menteri Kehutanan, SK. 328/Menhut-II/2009). Dilihat dari morfometrinya DAS Bogowonto memiliki bentuk linier sehingga debit puncak tidak cepat terbentuk. Namun, saat musim hujan DAS Bogowonto sering dilanda banjir. Salah satu banjir besar terjadi pada 20 Desember 2013 yang merendam Desa Nampu Lor, Desa Karanganyar, dan Desa Gedangan di Kecamatan Purwodadi serta Desa Bapangsari, Desa Kwojo, Dusun Jambu, dan Dusun Jurangkah di Kecamatan Bagelen (BPBD Purworejo dalam Tribun Jogja). Dalam hal ini data debit puncak dan kondisi fisik lahan DAS perlu dilibatkan dalam pengelolaan DAS. Namun, ketersediaan data-data hidrologi terbatas.

Penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan solusi tepat untuk melengkapi ketersediaan data debit puncak dan kondisi fisik lahan yang dapat dilakukan secara multitemporal. Hal ini telah banyak diterapkan dalam penelitian hidrologi seperti pada penelitian Sudaryatno (2002) mengestimasi debit puncak DAS Garang menggunakan penginderaan jauh dan SIG yang menghasilkan tingkat ketelitian 96,86% pada koefisien limpasan dan 95,05% pada debit puncak.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui kemampuan penginderaan jauh dan SIG untuk estimasi debit puncak DAS Bogowonto, (2) mengetahui distribusi spasial koefisien limpasan dan debit puncak DAS Bogowonto saat banjir, dan (3) me-

ngetahui sub DAS yang paling berkontribusi dalam banjir di DAS Bogowonto.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk estimasi debit puncak adalah metode rasional dimana penginderaan jauh dan SIG dapat diterapkan dalam metode ini. Metode rasional melibatkan koefisien limpasan (C), intensitas hujan (I), dan luas DAS/sub DAS (A) dalam perhitungannya. Unit analisis dalam penelitian ini adalah sub DAS karena metode rasional lebih sesuai digunakan untuk ukuran DAS kurang dari 10.000 ha. Selain itu, kondisi setiap sub DAS dianalisis untuk mengetahui kontribusinya dalam banjir. Uji ketelitian hasil estimasi debit puncak mengacu pada data sekunder debit puncak dari pos-pos bendung di DAS Bogowonto.

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

C adalah perbandingan antara besarnya limpasan permukaan terhadap besarnya curah hujan (Asdak, 2010). Nilai C umumnya dinyatakan dalam bilangan desimal 0-1 dimana klasifikasi C terdapat pada Tabel 1. Semakin tinggi nilai C maka semakin banyak curah hujan yang menjadi limpasan. Nilai C diperoleh dari analisis tumpangsusun variabel kerapatan vegetasi, kemiringan lereng, kerapatan alur, dan laju infiltrasi. Analisis tumpangsusun merupakan salah satu analisis dalam SIG yang dilakukan untuk mengkombinasikan dua data atau lebih (Meijerink dkk, 1994).

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Limpasan Permukaan

Klasifikasi	Skor
Klas I (Rendah)	0 – 0,25
Klas II (Normal)	0,25 – 0,50
Klas III (Tinggi)	0,50 – 0,75
Klas IV (Ekstrem)	>0,75

Sumber : Chow (1964) dalam Sudaryatno (2002) dengan modifikasi

Variabel pertama yaitu kerapatan vegetasi diperoleh dari pendekatan penutup lahan yang diekstraksi dari citra Landsat 8

perekaman 12 September 2013 melalui algoritma *Maximum Likelihood* dengan skema klasifikasi penutup lahan menurut SNI 7645:2010 (Tabel 2). Namun, sebelumnya dilakukan koreksi geometrik terlebih dahulu pada citra Landsat 8 agar posisi piksel sesuai dengan kenyataan di lapangan dan sesuai dengan sistem koordinat lokal. Koreksi yang dilakukan adalah *image to image* dengan citra Landsat 8 perekaman 24 Juni 2013 yang sudah terkoreksi sebagai acuannya. Sedangkan untuk uji ketelitian penutup lahan menggunakan citra resolusi tinggi yang diperoleh dari Google Maps dan peninjauan langsung di lapangan kemudian perhitungan hasil perbandingan menggunakan tabel matriks konfusi (Tabel 3.)

Tabel 2. Klasifikasi Penutup Lahan SNI yang disesuaikan dengan Klasifikasi Vegetasi Penutup pada Metode Cook

Klasifikasi tutupan lahan	Karakteristik tutupan lahan berdasarkan tabel Metode Cook	Skor
Hutan lahan kering; Hutan lahan kering primer (A)	Tumbuhan penutup baik-sangat baik, daerah pengaliran tertutup secara baik oleh rumput, hutan atau tumbuhan penutup > 90%	5
Hutan lahan kering sekunder; Semak belukar (B)	Tumbuhan penutup sedang-baik, daerah pengaliran tertutup secara baik oleh rumput, hutan atau tumbuhan penutup > 50%	10
Sawah; Perkebunan campuran; Tanaman campuran (C)	Tumbuhan penutup kurang-sedang, pertanian yang diolah tumbuhan alami kurang	15
Permukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan; Lahan terbuka (D)	Tumbuhan penutup tidak efektif	20

Sumber : Meijerink (1970) dan SNI (2010)

Tabel 3. Matriks Konfusi Uji Ketelitian

Hasil Klasifikasi	Data Lapangan				Σ baris
	A	B	C	D	
A	2	1	0	0	3
B	1	4	0	0	5
C	0	0	3	1	4
D	0	0	1	2	3
Σ kolom	3	5	4	3	11

Overall Accuracy = $((2+4+3+2)/15) \times 100\% = 73,33\%$

Sumber : Sulistyio (2010; 2011)

Variabel ke dua yang dilibatkan untuk perolehan nilai C yaitu kemiringan lereng. Kemiringan lereng diperoleh dari *Digital Elevation Model* (DEM) melalui interpolasi *kriging* titik tinggi. Adapun sistem klasifikasi kemiringan lereng terdapat pada Tabel 4. Uji ketelitian dilakukan dengan membandingkan kemiringan lereng dari DEM dengan pengukuran lapangan menggunakan alat *abney level* kemudian dihitung menggunakan Tabel 3.

Tabel 4. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng (%)	Klasifikasi	Skor
0 - 5	Datar	10
5 - 10	Bergelombang	20
10 - 30	Berbukit	30
>30	Bergunung/medan terjal	40

Sumber : Gunawan (1991) dalam Sudaryatno (2002)

Adapun variabel kerapatan alur dihitung menggunakan rumus berikut ini dimana pemberian skor tertuang dalam Tabel 5.

$$Dd = Ln/A$$

Dd : Kerapatan alur (mil/mil²)

Ln : Total panjang alur (mil)

A : Luas sub DAS (mil²)

Tabel 5. Klasifikasi Kerapatan Alur terhadap Timbunan Air Permukaan pada Metode Cook

Kerapatan alur (mil/mil ²)	Klasifikasi Linsley	Klasifikasi Metode Cook	Skor
<1	Selalu mengalami genangan	Drainasi buruk, timbunan air permukaan besar	5
1 - 2	Depresi permukaan agak besar, aliran permukaan cukup, terdapat banyak rawa	Normal, depresi permukaan dipertimbangkan, ada danau, empang, atau rawa <2% daerah pengaliran	10
2 - 5	Sistem saluran cukup baik	Sistem drainase baik	15
>5	Pengeringan terlalu ekstrim	Depresi permukaan dangkal, daerah pengaliran curam, tidak ada rawa	20

Sumber : Linsley (1959) dan Meijerink (1970), dalam Sudaryatno (2002)

Selanjutnya variabel penutup lahan dan tekstur tanah dikombinasikan untuk menghasilkan variabel laju infiltrasi. Hubungan tekstur tanah dengan laju infiltrasi terdapat dalam Tabel 6. dan pemberian skor pada kombinasi penutup lahan dan tekstur tanah terdapat pada Tabel 7. dengan klasifikasi laju infiltrasi tanah pada Tabel 8.

Tabel 6. Hubungan Tekstur Tanah dengan Laju Infiltrasi

Tekstur tanah	Laju infiltrasi	Klasifikasi menurut Metode Cook	Skor
Pasir, pasir bergeluh (a)	Cepat	Pasir dalam, tanah teragregasi baik	5
Geluh berpasir, geluh berdebu, geluh, geluh berlempung (b)	Sedang	Tanah geluh, tanah berstruktur liat	10
Lempung (c)	Lambat	Infiltrasi lambat, tanah lempung	15
Batuan dengan lapisan tanah tipis (d)	Sangat Lambat	Tidak ada penutup tanah yang efektif, batuan padatan tipis	20

Sumber : Meijerink (1970) dengan modifikasi

Tabel 7. Matriks Dua Dimensi Pemberian Skor Laju Infiltrasi

Tekstur Tanah/ Penutup Lahan	A	B	C	D
a	5	5	5	15
b	5	10	10	15
c	10	10	15	20
d	15	15	15	20

Sumber : Hasil Analisis (2014)

Tabel 8. Klasifikasi Laju Infiltrasi Tanah

Klas Infiltrasi Tanah	Laju Infiltrasi (mm/jam)	Skor
Sangat Lambat	< 2.5	20
Lambat	2.5 – 15	15
Sedang	15 – 28	10
Cepat	>28	5

Sumber : Sudaryatno (2002)

Hasil analisis laju infiltrasi diuji melalui pengukuran lapangan menggunakan alat *double ring infiltrometer*. Kemudian hasil pengukuran lapangan dianalisis lebih lanjut menggunakan model Horton dengan rumus sebagai berikut dan perhitungan uji ketelitian menggunakan Tabel 3.

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-K \cdot t}$$

Keterangan :

f_t : Laju infiltrasi pada waktu t tertentu

f_c : Laju infiltrasi konstan

f_0 : Laju infiltrasi awal

e : 2,72

K : konstanta

t : waktu

Terlepas dari tahap perolehan nilai C , adapun I adalah jumlah curah hujan per satuan waktu yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam (Hadisusanto, 2011). I diperoleh dari rumus Mononobe yang melibatkan hujan harian rata-rata kawasan (R_{24}) dan waktu konsentrasi (T_c). Berikut adalah rumus Mononobe.

$$I = (R_{24}/24) (24/T_c)^m$$

DAS Bogowonto memiliki relief beragam sehingga metode untuk perolehan R_{24} menggunakan metode isohyet, sedangkan T_c menggunakan persamaan Kirpich berikut ini :

$$T_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

T_c : waktu konsentrasi (menit)

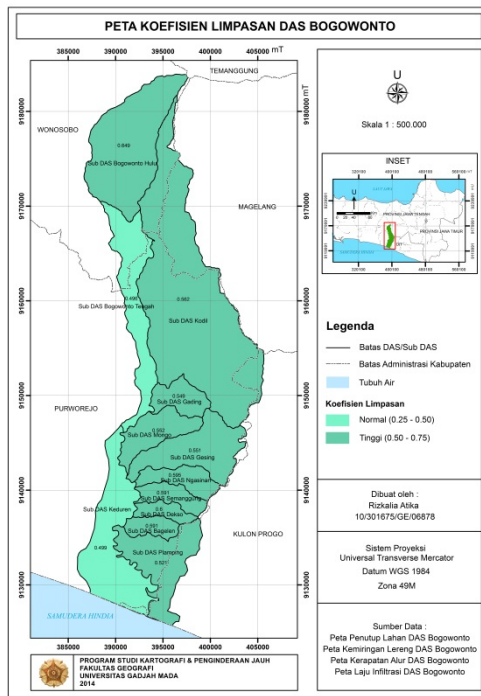
L : panjang maksimum perjalanan air (meter)

S : kemiringan daerah aliran sungai,
 $S = \Delta H/L$

ΔH : beda tinggi antara titik terjauh pada daerah aliran sungai dan *outlet* (meter)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi debit puncak yang telah dianalisis melalui data penginderaan jauh dan SIG menghasilkan tingkat ketelitian cukup baik. Pada penutup lahan tingkat ketelitian yang dihasilkan adalah 86,49%. Pada kemiringan lereng tingkat ketelitian mencapai 82,24%, sedangkan pada laju infiltrasi tingkat ketelitian mencapai 70%. Hasil estimasi debit puncak setiap sub DAS terdapat pada Tabel 8. dimana terdapat hasil analisis koefisien limpasan pula dengan distribusinya terlihat pada Gambar 1. Kemudian tingkat ketelitian estimasi debit puncak terdapat pada Tabel 9.

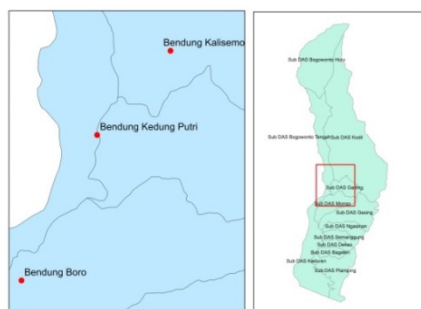


Gambar 1. Peta Koefisien Limpasan DAS Bogowonto

Tabel 9. Estimasi Debit Puncak Sub-Sub DAS Bogowonto 20 Desember 2013

Nama Sub DAS	C	I (mm/jam)	A (Km ²)	Debit Puncak (m ³ /detik)
Bogowonto Hulu	0.649	13.464	86.498	210.052
Bogowonto Tengah	0.495	10.076	50.113	69.550
Kodil	0.562	5.905	204.897	189.150
Gading	0.549	9.652	17.487	25.750
Mongo	0.552	12.208	26.014	48.704
Gesing	0.551	9.479	46.850	68.024
Ngasinan	0.595	17.900	17.715	52.459
Semanggung	0.591	23.646	14.242	55.305
Dekso	0.600	31.931	9.706	51.714
Bagelen	0.591	35.897	10.899	64.240
Plamping	0.521	29.549	46.407	198.554
Keduren	0.499	9.483	68.392	90.021
Debit Puncak DAS Bogowonto				1123,522

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)



Gambar 2. Lokasi Pos-Pos Bendung DAS Bogowonto

Tabel 10. Uji Ketelitian Debit Puncak Sub-Sub DAS Bogowonto 20 Desember 2013

Nama Sub DAS	Debit Puncak Hasil Estimasi (m ³ /detik)	Debit Puncak Data Pos Bendung (m ³ /detik)	Ketelitian (%)
Kodil	189,150	230,248 (Kalisemo)	82,15
Bogowonto Hulu	468,752	468,477 (Kedung Putri)	99,94
Bogowonto Tengah			
Kodil	543,206	537,622 (Boro)	98,96
Bogowonto Hulu			
Bogowonto Tengah			
Kodil			
Gading			
Mongo			

Sumber : Hasil Perhitungan (2015) dan Balai PSDA Progo Bogowonto Luk Ulo

Berdasarkan Tabel 10. Uji ketelitian debit puncak pada Sub DAS Kodil mencapai tingkat ketelitian 82,150% dan pada akumulasi Sub DAS Bogowonto Hulu, Bogowonto Tengah, dan Kodil mencapai tingkat ketelitian tertinggi yaitu 99,941%. Selanjutnya akumulasi Sub DAS Bogowonto Hulu, Bogowonto Tengah, Kodil, Gading, dan Mongo mencapai tingkat ketelitian sebesar 98,961% dengan nilai debit puncak 543,206 m³/detik. Lokasi pos-pos bendung tersebut terlihat pada Gambar 2. Meskipun uji ketelitian debit puncak tidak dapat dilakukan pada seluruh sub DAS tetapi hasil estimasi debit puncak dengan menerapkan data penginderaan jauh dan SIG mampu menghasilkan tingkat ketelitian yang tinggi. Hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa hasil estimasi debit puncak pada sub DAS lain yang belum dilakukan uji ketelitian memiliki tingkat ketelitian yang tinggi pula.

Secara keseluruhan ditinjau dari akumulasi debit puncak seluruh sub DAS maka nilai debit puncak DAS Bogowonto pada 20 Desember 2013 cukup tinggi yaitu 1123,522 m³/detik. Nilai tersebut mendekati nilai potensi debit puncak DAS Bogowonto menurut BBWS Serayu Opak Progo yaitu 1187 m³/detik. Jika debit puncak hasil estimasi sebesar 1123,522 m³/detik masih dapat tertampung di Sungai Bogowonto maka kejadian banjir 20 Desember 2013 dapat pula disebabkan oleh tidak lancarnya aliran di Sungai Bogowonto hingga *outlet*

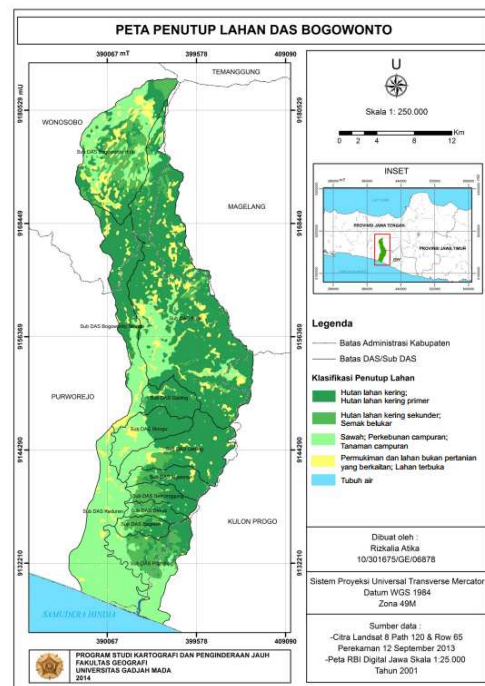
DAS akibat adanya sedimentasi pada *outlet* DAS mengingat adanya kejadian longsor pula pada 20 Desember 2013 di Desa Bapangsari dan Desa Soka yang termasuk dalam Kecamatan Bagelen sehingga dapat menyebabkan sedimentasi di badan sungai.

Tingginya debit puncak DAS Bogowonto yang menyebabkan banjir di hilir DAS mengindikasikan terganggunya siklus hidrologi DAS. Salah satu penyebab timbulnya permasalahan lingkungan yaitu aktivitas manusia yang cenderung mengubah ekosistem DAS.

Kondisi fisik lahan DAS dapat tercermin dari nilai C yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai C dianalisis pada setiap sub DAS. Berdasarkan Tabel 9. nilai C DAS Bogowonto tergolong tinggi dengan nilai tertinggi terdapat pada Sub DAS Bogowonto Hulu yaitu 0,648. Nilai tersebut menunjukkan 64,8% hujan yang turun tidak terinfiltrasi ke dalam tanah kemudian menjadi limpasan permukaan.

Tingginya nilai C Sub DAS Bogowonto Hulu dapat disebabkan oleh intensifnya kegiatan pertanian. Pada Tabel 11. terlihat sebagian besar lahan yaitu 31.01 % lahan terdiri dari jenis penutup lahan sawah; perkebunan campuran; tanaman campuran dan 17,41% lahan terdiri dari permukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan; lahan terbuka. Kemudian penutup lahan berupa hutan lahan kering; hutan lahan kering primer sebesar 26,68% dan hutan lahan kering sekunder; semak belukar sebesar 24,90%. Namun, ditinjau secara keseluruhan kondisi penutup lahan DAS Bogowonto sebanyak 50,28% terdiri dari hutan lahan kering; hutan lahan kering primer, 10,08% hutan lahan kering sekunder; semak belukar, 30,06% sawah; perkebunan campuran; tanaman campuran, serta 9,58% permukiman dan lahan bukan pertanian yang berkaitan; lahan terbuka. Meskipun sebagian besar penutup lahan DAS Bogowonto adalah hutan tetapi adanya 39,64% lahan non hutan menyebabkan nilai C tinggi. Artinya, lebih dari 50% air hujan yang turun tidak terinfiltrasi ke dalam tanah sehingga

menjadi limpasan permukaan yang berkontribusi dalam meningkatkan debit puncak. Secara visual kondisi penutup lahan DAS Bogowonto terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Penutup Lahan DAS Bogowonto

Tabel 11. Luasan Penutup Lahan setiap sub DAS dalam DAS Bogowonto

Nama Sub DAS/ Jenis Penutup Lahan	A (km ²)	B (km ²)	C (km ²)	D (km ²)
Bogowonto Hulu	23,08	21,54	26,82	15,06
Bogowonto Tengah	32,12	1,13	11,37	5,49
Kodil	146,79	6,48	27,54	24,10
Gading	15,17	0,46	1,14	0,72
Mongo	11,31	0,10	12,47	2,13
Gesing	34	2,72	6,94	3,19
Ngasinan	12,42	2,26	1,97	1,07
Semanggung	7,43	5,35	1,19	0,28
Dekso	4,13	3,67	1,83	0,08
Bagelen	4,52	3,80	2,10	0,48
Plamping	10,33	12,91	22,27	0,89
Keduren	-	-	64,50	3,89
Total	301,30	60,42	180,14	57,38

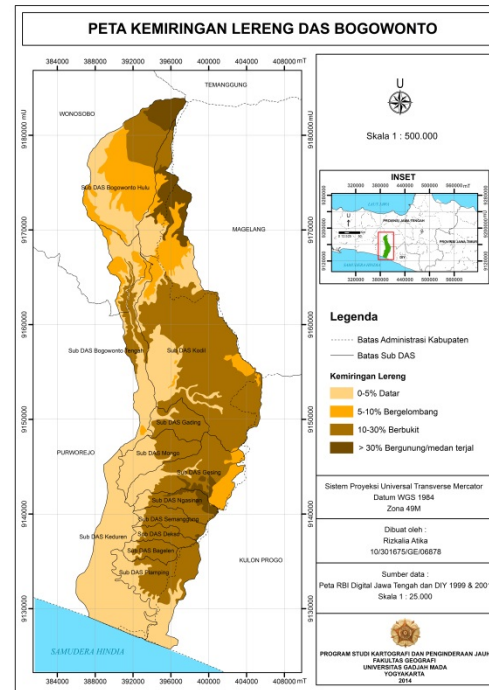
Sumber : Hasil perhitungan (2014)

Tingginya nilai C DAS Bogowonto tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi penutup lahan tetapi juga dari variabel kemiringan lereng, kerapatan alur, dan laju infiltrasi. Kemiringan lereng berpengaruh terhadap gaya gravitasi yang dapat menentukan kecepatan air mengalir di permukaan bumi. Artinya, kemiringan lereng berpengaruh terhadap waktu konsentrasi

aliran sungai mencapai *outlet* DAS. Semakin curam kemiringan lerengnya maka semakin besar kecepatannya. Hal ini berpengaruh pula terhadap jumlah air yang dapat terinfiltrasi ke dalam tanah. Pada lereng yang curam, air akan mengalir lebih cepat sehingga dapat mengurangi waktu bagi air untuk terinfiltrasi. Berbeda dengan di lereng yang datar maka air di permukaan tanah akan mengalir lebih lambat sehingga memungkinkan infiltrasi terjadi lebih intensif. Selain itu, kemiringan lereng juga berpengaruh terhadap kecepatan pembentukan awan. Semakin terjal kemiringan lerengnya maka semakin cepat pembentukan awan yang mempengaruhi kondisi hujan daerah setempat.

Berdasarkan Tabel 12. dan Gambar 4. sebagian besar relief di DAS Bogowonto tersusun atas kemiringan lereng 10-30% yang mengindikasikan topografi perbukitan dengan luas 265,73 km². Topografi perbukitan tersebut cenderung terdapat pada bagian timur DAS Bogowonto yang cenderung memiliki arah hadap lereng ke barat dan ke timur. Saat musim hujan Indonesia menerima angin muson barat yang membawa banyak uap air. Dengan demikian perbukitan pada bagian timur DAS Bogowonto yang menghadap ke barat kemungkinan besar memiliki curah hujan tinggi yang berkontribusi besar dalam menyuplai debit puncak DAS Bogowonto.

DAS Bogowonto juga terdiri dari topografi landai hingga datar (0-5%) yang cenderung terdapat pada hilir DAS dengan luas 221,36 km² yang umumnya terdapat pada kaki perbukitan. Kemudian terdapat topografi medan terjal dengan kemiringan lereng >30% yang terdapat pada perbukitan terjal di lereng Gunung Sumbing dengan luas 32,54 km². Dari kemiringan lereng setiap Sub DAS diketahui bahwa sub DAS yang cenderung terdiri dari kemiringan lereng 10% hingga lebih dari 30% memiliki nilai C yang lebih tinggi, sedangkan pada Sub DAS Keduren yang hanya terdiri dari kemiringan lereng 0-5% memiliki nilai C lebih rendah.



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng DAS Bogowonto

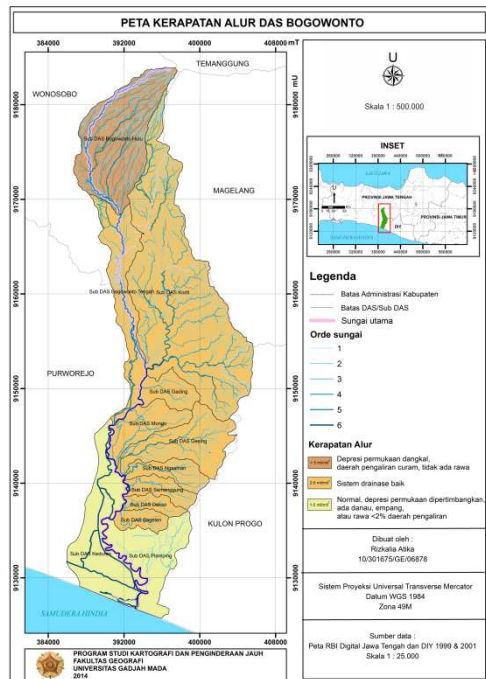
Tabel 12. Luas Kemiringan Lereng DAS Bogowonto

Nama Sub DAS	Kemiringan Lereng (km ²)			
	0-5%	5-10%	10-30%	>30%
Bogowonto Hulu	23.32	36.10	17.90	9.17
Bogowonto Tengah	29.14	9.11	11.86	-
Kodil	43.82	24.61	120.69	15.77
Gading	2.42	-	15.06	-
Mongo	14.99	-	11.02	-
Gesing	8.95	9.63	24.89	3.38
Ngasinan	2.45	0.03	11.24	3.99
Semanggung	1.45	-	12.56	0.23
Dekso	1.31	-	8.39	-
Bagelen	2.41	-	8.48	-
Plamping	22.76	-	23.64	-
Keduren	68.34	-	-	-
Total	221.36	79.48	265.73	32.54

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

Variabel kemiringan lereng selain berpengaruh terhadap jumlah air yang terinfiltrasi juga berpengaruh terhadap kerapatan alur yang terbentuk dalam DAS. Pada kemiringan lereng curam akan lebih banyak terbentuk alur-alur sungai karena air hujan yang turun ke permukaan tanah akan mengalir lebih cepat sehingga penggerusan permukaan tanah lebih intensif. Sebaliknya pada kemiringan lereng landai-datar kerapatan alur yang terbentuk cenderung rendah. Hal ini terlihat pada Tabel 13. Dan Gambar 5. Sub DAS Bogowonto Hulu yang terletak di hulu DAS memiliki kerapatan alur paling tinggi yaitu 7,36 mil/mil²,

sedangkan kerapatan alur terendah terdapat pada Sub DAS Plamping yang berada di hilir DAS dengan nilai 1,57 mil/mil². Dengan demikian semakin tinggi kerapatan alur maka semakin banyak limpasan yang terbentuk karena banyak air hujan yang langsung tertampung oleh alur sungai.



Gambar 5. Peta Kerapatan Alur DAS Bogowonto

Tabel 13. Nilai Kerapatan Alur Sub-Sub DAS Bogowonto

No.	Nama	Kerapatan Alur (mil/mil ²)	Skor
1	Sub DAS Plamping	1.57	10
2	Sub DAS Keduren	1.98	10
3	Sub DAS Gading	2.66	15
4	Sub DAS Dekso	2.83	15
5	Sub DAS Bagelen	2.87	15
6	Sub DAS Mongo	3.04	15
7	Sub DAS Gesing	3.17	15
8	Sub DAS Semanggung	3.65	15
9	Sub DAS Bogowonto Tengah	4.09	15
10	Sub DAS Ngasinan	4.16	15
11	Sub DAS Kodil	4.93	15
12	Sub DAS Bogowonto Hulu	7.36	20

Sumber : Hasil Perhitungan (2014)

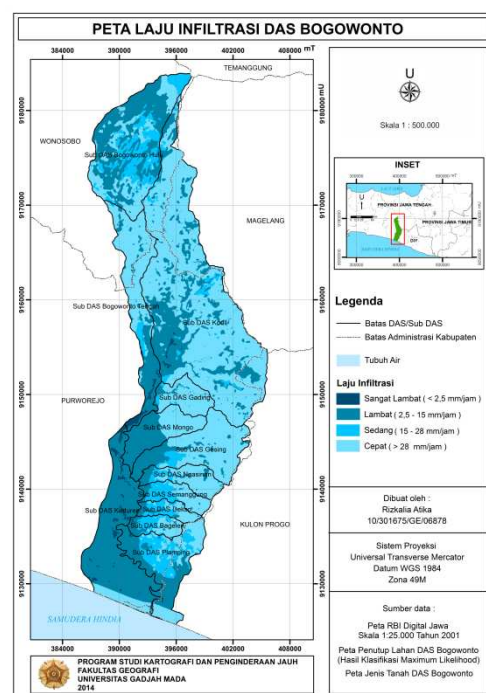
Meskipun kemiringan lereng juga berpengaruh terhadap jumlah air yang dapat terinfiltrasi ke dalam tanah tetapi dalam penelitian ini laju infiltrasi hanya dianalisis dari kombinasi penutup lahan dan tekstur

tanah. Hasil analisis laju infiltrasi setiap sub DAS pada Tabel 14. dan Gambar 6. Menunjukkan 52,14% lahan DAS Bogowonto dikategorikan memiliki laju infiltrasi cepat. Kemudian 36,63% dikategorikan lambat dan 10,04% dikategorikan sedang, sedangkan laju infiltrasi lambat hanya 1,20% dari luas DAS Bogowonto. Dari hasil analisis tersebut tingkat ketelitian yang dihasilkan dari perbandingan pengukuran lapangan dengan hasil analisis penutup lahan dan tekstur tanah adalah 70%.

Tabel 14. Laju Infiltrasi Tanah per Sub DAS di DAS Bogowonto

Nama Sub DAS/ Laju Infiltrasi	Cepat (km ²)	Sedang (km ²)	Lambat (km ²)	Sangat Lambat (km ²)
Bogowonto Hulu	23,51	21,19	42	-
Bogowonto Tengah	31,03	2,30	14,47	2,36
Kodil	148,93	5,18	50,02	0,82
Gading	14,94	0,69	1,86	-
Mongo	11,31	0,10	14,57	0,03
Gesing	34,00	2,72	10,13	-
Ngasinan	12,42	2,26	3,04	-
Semanggung	7,43	5,35	1,47	-
Dekso	4,13	3,67	1,91	-
Bagelen	4,52	3,80	2,48	0,10
Plamping	14,26	12,91	18,93	0,19
Keduren	6,09	-	58,69	3,69
Total	312,57	60,17	219,57	7,19
Persentase (%)	52,14	10,04	36,63	1,20

Hasil Perhitungan (2014)



Gambar 6. Peta Laju Infiltrasi DAS Bogowonto

Laju infiltrasi penting dilibatkan dalam perolehan nilai C karena berpengaruh terhadap jumlah air yang mampu diserap oleh permukaan tanah. Semakin cepat laju infiltrasi maka semakin banyak air yang masuk ke dalam tanah. Sebaliknya semakin lambat laju infiltrasi maka titik jenuh akan cepat terjadi sehingga memicu produksi limpasan permukaan.

Nilai C yang melibatkan variabel kerapatan vegetasi, kemiringan lereng, kerapatan alur, dan laju infiltrasi memiliki peran penting dalam memicu kenaikan debit puncak. Namun, waktu pembentukan debit puncak yang terjadi secara cepat cenderung lebih dipengaruhi oleh tidak meratanya hujan yang terjadi. Pada 20 Desember 2013 terjadi banjir di hilir DAS yang mengindikasikan debit puncak DAS terbentuk lebih singkat daripada keadaan normal.

Tabel 15. Intensitas Hujan Sub-Sub DAS Bogowonto

Nama Sub DAS	Tc (jam)	R ₂₄ (mm)	I (mm/jam)	Keadaan Hujan
Bogowonto Hulu	2.02	61.98	13.46	Hujan lebat
Bogowonto Tengah	4.65	80.87	10.08	Hujan lebat
Kodil	3.96	42.57	5.91	Hujan normal
Gading	0.89	25.87	9.65	Hujan normal
Mongo	1.83	52.71	12.21	Hujan lebat
Gesing	1.94	42.51	9.48	Hujan normal
Ngasinan	1.51	67.92	17.90	Hujan lebat
Semanggung	1.47	88.21	23.65	Hujan sangat lebat
Dekso	1.17	102.13	31.93	Hujan sangat lebat
Bagelen	1.34	125.76	35.89	Hujan sangat lebat
Plamping	1.97	133.59	29.55	Hujan sangat lebat
Keduren	12.60	148.10	9.48	Hujan normal

Sumber : Hasil Perhitungan (2015)

Berdasarkan Tabel 15. terlihat bahwa hujan tidak merata pada seluruh DAS dimana hujan sangat lebat terjadi pada hilir DAS. Selain itu, waktu konsentrasi pada sub-sub DAS yang terjadi hujan sangat lebat kurang dari 2 jam untuk mencapai outlet sub DAS yaitu Sungai Bogowonto. Dengan demikian debit puncak lebih cepat terbentuk. Percepatan pembentukan debit

puncak tersebut memicu pembentukan debit banjir sehingga menyebabkan banjir akibat meluapnya Sungai Bogowonto.

Meskipun tingkat ketelitian estimasi debit puncak yang diperoleh cukup tinggi tetapi reliabilitas dan validitas penerapan metode rasional di DAS Bogowonto pada waktu yang berbeda belum diketahui karena estimasi debit puncak hanya dilakukan pada satu waktu. Hal ini disebabkan oleh adanya keterbatasan data sekunder untuk uji ketelitian dan data curah hujan.

KESIMPULAN

1. Citra Landsat 8 mampu diaplikasikan untuk identifikasi batas DAS/sub DAS dan menghasilkan ketelitian 86,49% pada penutup lahan, aplikasi SIG menghasilkan ketelitian 82,24% pada kemiringan lereng, aplikasi citra Landsat 8 dan SIG menghasilkan tingkat ketelitian 70% pada laju infiltrasi dan tingkat ketelitian tertinggi 99,941% pada debit puncak.
2. Nilai koefisien limpasan DAS Bogowonto dikategorikan tinggi dan estimasi debit puncak DAS menghasilkan 1123,522 m³/detik.
3. Sub DAS yang paling berkontribusi dalam banjir ditinjau dari koefisien limpasan dan debit puncak sub DAS adalah Sub DAS Bogowonto Hulu, ditinjau dari intensitas hujan dan waktu konsentrasi setiap sub DAS adalah Sub DAS Semanggung, Dekso, Bagelen, dan Plamping.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay (1995). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Asdak, Chay (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

- Danoedoro, Projo (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Hadisusanto, Nugroho (2011). Aplikasi Hidrologi. Malang : Jogja Mediautama
- Kementerian Kehutanan. (2012). Potret Hutan Jawa-Madura. Yogyakarta : Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XI Jawa-Madura.
- Meijerink, Allard M.J. dkk (1994). Introduction To The Use Of Geographic Information Systems For Practical Hydrology. Netherlands : International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Meijerink, Allard M.J. (1970). Photo-Interpretation in Hydrology, A Geomorphological Approach. Netherlands : International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Nugraha, Rento Ari (2013). Ini Rincian Kejadian Bencana di Purworejo Akibat Hujan Hari Ini. <http://jogja.tribunnews.com/2013/12/20/ini-rincian-kejadian-bencana-di-purworejo-akibat-hujan-hari-ini/>. Diakses 15 Februari 2014.
- Sudaryatno (2002). Estimasi Debit Puncak Di Daerah Aliran Sungai DAS Garang Semarang Dengan Menggunakan Teknologi Inderaja dan Sistem Informasi Geografis. Majalah Geografi Indonesia Volume 16 Nomor 2. September 2002. Halaman 131-149.